

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

**OPTIMALIZACE OBRÁBĚNÍ ŠTÍTU
ELEKTROMOTORU**

**MACHINING OPTIMIZATION OF ELEKTROMOTOR
SHIELD**

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vladimír Vrba CSc.

Student:

Jaroslav Žváček

Ostrava 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou (bakalářskou) práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové (bakalářské) práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 22.5.2009

.....

Žváček Jaroslav

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB -TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě 22.5.2009

.....

Žváček Jaroslav

Adresa trvalého pobytu:

Žváček Jaroslav

Zvole 108

789 01 Zábřeh

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ŽVÁČEK J. [Optimalizace obrábění štítu elektromotoru.].

Ostrava: Katedra obrábění a montáže, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Diplomová práce: doc.Ing.Vrba Vladimír CSc.

Bakalářská práce je zaměřena na řešení optimalizace obrábění štítu elektromotoru z důvodů snížení celkového času. V úvodních kapitolách jsou popsány výchozí podmínky, jako je polotovár dílce, obráběcí stroj, nástrojové vybavení. Následující statě popisují rozdíl mezi původním a novým provedením, návrhy opracování a provedené zkoušky. V závěrečné části bylo provedeno technické a ekonomické zhodnocení testů.

KLÍČOVÁ SLOVA: Siemens, obráběcí centrum, ložiskový štít

BACHELOR ANNOTATION

ŽVÁČEK J. [Machining Optimalization of Elektromotor Shield].

Ostrava: Department, of Machining and Assembly, VŠB – Technical University of Ostrava, Bachelor's Dissertation: doc.Dr.Ing. Vrba Vladimír Csc.

The Bachelor dissertation is bent on solving Optimalization catting shiled elektrick motor on the ground of decrease total time catting. In the introducktory there are described the requirement of departure such a semi-finished component, a machine tool and implement. The following chapters give an account of differences between the original and new version, machine recommendation and realized test. The conclusion deals with the technical and economic evaluation of the tests

KEYWORDS: Siemens, machining centre, end plate

Obsah bakalářské práce

Seznam použitého značení	8
1.ÚVOD	9
2.CHARAKTERISTIKA SIEMENS S.R.O. MOHELNICE.....	10
2.1.SORTIMENT VÝROBKŮ SIEMENS MOHELNICE.....	11
3.OBECNÁ CHARAKTERISTIKA POLOTOVARU	14
3.1. POLOTOVAR LOŽISKOVÉHO ŠTÍTU	14
3.2. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY LITIN.....	15
3.3. ŠEDÁ LITINA.....	16
3.4. MATERIÁLY URČENÉ NA OBRÁBĚNÍ ŠEDÉ LITINY	18
4. CHARAKTERISTIKA STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ	20
4.1. STROJE PRO OPRACOVÁNÍ LOŽISKOVÝCH ŠTÍTŮ	20
4.2. OBRÁBĚCÍ CENTRUM EMAG VSC 7.....	21
5. NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ SOUČÁSTI.....	25
5.1. SOUČASNÉ OBRÁBĚNÍ ŠTÍTŮ.....	25
5.2. NÁVRH EFEKTIVNĚJŠÍHO POSTUPU OBRÁBĚNÍ.....	30
6. ZKOUŠKY NÁSTROJŮ PŘI NOVÝCH ŘEZNÝCH PODMÍNKÁCH	32
6.1. SOUSTRUŽENÍ ŠTÍTU Z PŘÍRUBOVÉ STRANY	32
6.2. HRUBOVÁNÍ ČELA MOTOROVÉ STRANY	33
6.3. HRUBOVÁNÍ PRŮMĚRŮ MOTOROVÉ STRANY	33
6.4. HOTOVĚ LOŽISKOVÝ PRŮMĚR	34
6.5. HOTOVĚ ČELO MOTOROVÉ STRANY.....	34
7. EKONOMICKÉ ZHODNCENÍ.....	35
7.1. VÝPOČET NÁKLADŮ STANOVENÝCH Z 6.1.	35
7.2. VÝPOČET NÁKLADŮ STANOVENÝCH Z 6.1.	36
7.3. VÝPOČET NÁKLADŮ STANOVENÝCH Z 6.1.....	36
7.4. VÝPOČET NÁKLADŮ STANOVENÝCH Z 6.1.....	36
7.5. VÝPOČET NÁKLADŮ STANOVENÝCH Z 6.1.....	36
7.6. CELKOVĚ UŠETŘENÉ NÁKLADY	37
8. ZÁVĚR	38
9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	39
10. PŘÍLOHY.....	40

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

ZKRATKA	VÝKLAD	JEDNOTKA
<i>VBD</i>	výměnná břitová destička	
<i>SK</i>	slinutý karbid	
<i>KBN</i>	Kubický nitrid boru (CBN)	
<i>R</i>	rádus výměnné destičky	[mm]
<i>v_C</i>	řezná rychlost	[m.min ⁻¹]
<i>s</i>	posuv na otáčku	[mm]
<i>a_p</i>	hloubka řezu	[mm]
<i>R_z</i>	aritmetická střední hloubka drsnosti z pěti úseků	
CNC	(Computer Numerical control) systém s PC a programem používaný k provádění všech základních funkcí	
AH	osová výška elektromotoru (angl.= axis height)	
HB	stupeň tvrdosti podle Brinella	
B3	tvar ložiskového štítu- základní štít- víko- tvar IM1081	
B5	tvar ložiskového štítu- příruby – IM 3081	

1. ÚVOD

Tato bakalářská práce je zpracovávána pro praktické využití ve firmě Siemens Mohelnice, především v obrobně slévárny pro opracování odlitků ze šedé litiny.

Práce popisuje možnosti jak snížit náklady na obrábění jedné z hlavních součástí elektromotoů, které se vyrábí v podniku Siemens Elektromotory s.r.o. závod Mohelnice. Konkrétně se jedná o obrábění ložiskových štítů elektromotoru. Přesnost opracování rozměrů ložiskového štítu je velmi důležité z hlediska kvality uložení ložiska, které dále ovlivňuje rozložení vzduchové mezery mezi statorem a rotorem, hlučností a životností motoru. Z toho vyplývají vysoké požadavky na přesnost opracování obráběných ploch. Této přesnosti je dosahováno správným určením řezných podmínek. Nemalý podíl na přesnost obrábění má správná volba nástroje, dodržování technologického postupu a výrobních předpisů a jiných norem. Vzhledem k velmi důležité mechanické funkci celého ložiskového štítu musí být štít vyráběn v daných tolerancích dle výkresu. Při opracování vznikají ve výrobě problémy s dodržením těchto předepsaných tolerancí, zejména házivosti, rovinnosti a válcovitosti. Dodržování těchto tolerancí byl jeden z předmětů této práce. Druhým a neméně důležitým důvodem byla možnost zvýšit produktivitu práce obráběcích center obrobny slévárny v podniku Siemens Mohelnice.

V úvodní části této práce je stručně uvedena historie koncernu Siemens AG, také české pobočky Siemens Elektromotory s.r.o. a závodu v Mohelnici. Dále je zde uvedeno strojní zařízení, na kterém se prováděly testy spojené s touto prací. V další části je charakteristika obráběného materiálu, popis nástrojového vybavení daného obráběcího centra a obecný popis obrábění šedé litiny. V následující části jsou zaznamenány a vyhodnoceny výsledky zkoušek, následuje technické a ekonomické vyhodnocení. V závěru je provedeno zhodnocení celé bakalářské práce.

2. CHARAKTERISTIKA SIEMENS S.R.O. MOHELNICE

Firma Siemens AG vznikla více jak před 150 lety a v současnosti patří mezi světovou špičku mezi elektrotechnickými koncerny na světě. Firma zaměstnává ve svých 16 divizích přibližně 440 tisíc zaměstnanců v bezmála 200 zemích. Siemens se soustředí na 7 hlavních oblastí výroby: energetika, průmysl, komunikace, informatika, zdravotnictví, doprava a světlo. Kromě tohoto firma vyrábí také elektro spotřebiče pro domácnosti tzv. bílou techniku. Siemens věnuje každý rok 10 % ze svého ročního obrátu na investice, vývoj, výzkum a vzdělání.

Zastoupení firmy Siemens AG bylo znovu obnoveno v České republice v roce 1990. V současnosti se skládá skupina firem SIEMENS v ČR z 23 společností. Do jedné z hlavních oblastí výroby je zahrnuta i výroba asynchronních motorů ve firmě Siemens Elektromotory s.r.o., která vznikla 1. října 1994 spojením podniků MEZ Mohelnice, Frenštát pod Radhoštěm a Drásov.

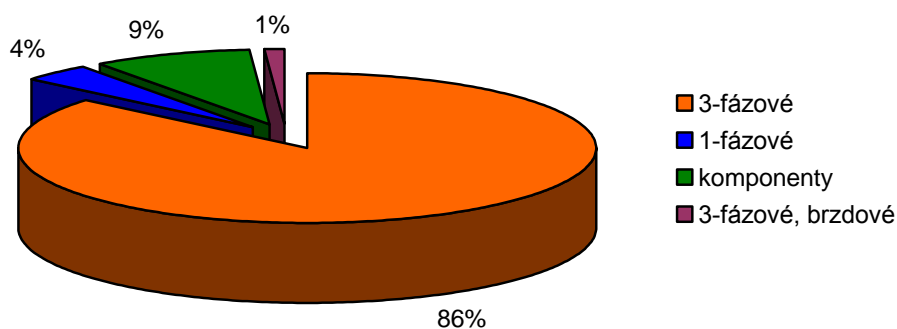


Obr.č.1. Situační plán Siemens Mohelnice

Historie tohoto závodu se začala psát v roce 1904 založením společnosti Ludwig Doczekal & Comp. V roce 1926 byla provedena fúze s firmou Siemens Praha, v roce 1945 byl podnik zestátněn a vzniká firma MEZ s.p. V roce 1994 do podniku vstupuje koncern Siemens AG a byla založena společnost Siemens Elektromotory s.r.o. V roce 2001 se z mohelnického závodu stává evropské kompetenční centrum v oblasti výroby elektromotorů. Tak se stalo díky rozběhnutí projektu „Kompetence výroby elektromotorů v Evropě“. Mohelnický závod společnosti Siemens Elektromotory s.r.o. zaměstnává téměř dva tisíce lidí. To ho řadí mezi největší zaměstnavatele v okrese Šumperk. [1]

2.1. SORTIMENT VÝROBKŮ SIEMENS MOHELNICE

Výrobní závod v Mohelnici dodává na domácí i světový trh jednofázové asynchronní, třífázové asynchronní a třífázové brzdové asynchronní elektromotory. Jednofázové o výkonu 0,09 – 3 kW, trojfázové o výkonu 0,06 – 18,5 kW a trojfázové brzdové o výkonu 0,12 – 18,5 kW. V současnosti je celková produkce 1,3 milionu kusů elektromotoru za rok. V rámci koncernu Siemens dodává Mohelnický závod komponenty pro elektromotory.



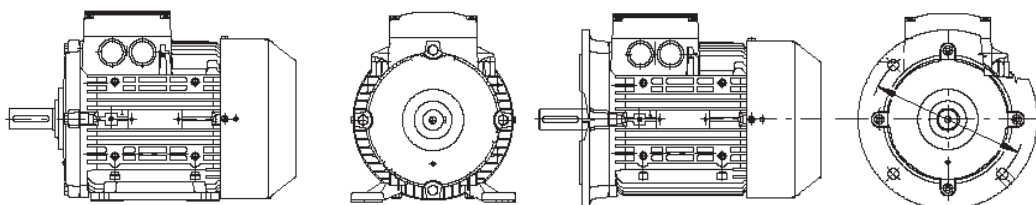
Obr.č.2. Graf podílu jednotlivých výrobků na celkové produkci

Motory vyráběné v Mohelnici jsou rozděleny do dvou řad, na malou a velkou řadu. Tyto řady jsou určeny podle osové výšky hřídele nad podložkou motoru, na které je motor připevněn. Malá řada má výšku osy od podložky 56 až 90 mm a velká 90 až 160mm. [2]

Základní části asynchronního elektromotoru

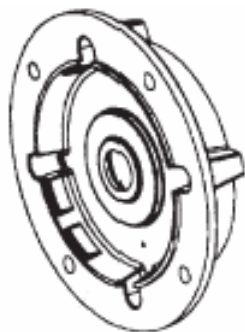
- kostra motoru, do které je nalisováno vinutí statoru
- rotor
- přední a zadní ložiskový štít
- ventilátor + kryt ventilátoru

U motorů velké řady jsou důležitou částí patky, ty se připevňují ke kostře motoru. Motory malé řady mají patky přímo jako součást kostry. Patky jsou uzpůsobeny k připevnění motoru k podložce, v případě, že motor nemá přírubu, viz. obr.č.3. Příruba je speciální typ ložiskového štítu. Příruba se používá k uchycení a napojení hřídele motoru například na těleso převodovky nebo ventilátoru.

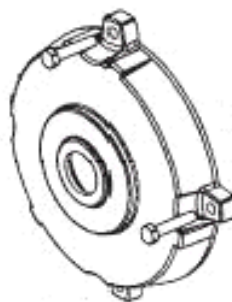


Obr.3. Motor s patkami a motor bez patek (s přírubou)

Ložiskový štít může mít tvar víka, viz. obr.č.4, nebo příruby viz. obr.č.5. V obou těchto případech je motorová strana totožná. U malé i velké řady dále existuje několik tvarů příruby dle požadavků zákazníka. Příruby se poté liší ve tvaru, velikosti středícího osazení a připevňovacími otvory.



Obr.č.4. Příruba tvar IM3041 (B5,B9)



Obr.č.5 Viko, tvar IM1041 (B3)

U většiny, která tvoří asi 95 % všech vyráběných motorů tvoří kostru odlitek z hliníku. Zbývajících 5% motorů převážně z velké řady tvoří kostru odlitek ze šedé litiny. U ložiskových štítů je trend přesně opačný, většina motorů z velké řady má štít odlit ze šedé litiny. U malé řady se ze tří čtvrtin produkce setkáváme se štíty litinovými. Vhodnost či nevhodnost použití hliníku, nebo šedé litiny nelze jednoznačně určit.

3. OBECNÁ CHARAKTERISTIKA POLOTOVARU

3.1. POLOTOVAR LOŽISKOVÉHO ŠTÍTU

Polotovar pro ložiskový štít je odlitek ze šedé litiny nebo hliníku. U motorů velké řady s osovou výškou AH 100-160 se používá většinou šedá litina s lupínkovým grafitem ČSN 42 2415. V ojedinělých případech se užívá litina s lepšími mechanickými vlastnostmi, tedy litiny ČSN 42 2420 nebo ČSN 42 2425. Odlévání se zpravidla provádí do kokil, ale u speciálních tvarů nebo menších sérií se odlévá do pískových forem. Při používání pískových forem je následné opracování složitější, dochází k většímu namáhání nástroje. Větší namáhání nástroje je způsobeno nerovností odlitku. U litin ČSN 42 2415 je předepsaná tvrdost 150-200 HB. Na všech odlitcích je provedeno normalizační žíhání z důvodů odstranění vnitřního pnutí a předepsané tvrdosti. Působení vnitřního pnutí by mohlo značně ovlivňovat rozměry hotově obroběných ploch. U takto zpracovaných polotovarů se stanovuje tvrdost na 180-220 HB. Norma stanovuje minimální tloušťku stěn na 50 mm. Minimální pevnost v tahu je 150-160 Mpa, minimální pevnost v ohybu je 320 Mpa. Smršťování litiny v průběhu tuhnutí je 1,2%. Po normalizačním žíhání jsou odstraněny veškeré otřepy vtokových zářezů a veškeré další zbytky litiny, které přesahují přes obvod odlitku více jak 2 mm. Posléze jsou odlitky tryskány a následně ručně osekávány a zabrušovány. Závěrečnou operací na odlitku před samým obráběním je máčení v základní barvě a sušení. [4]

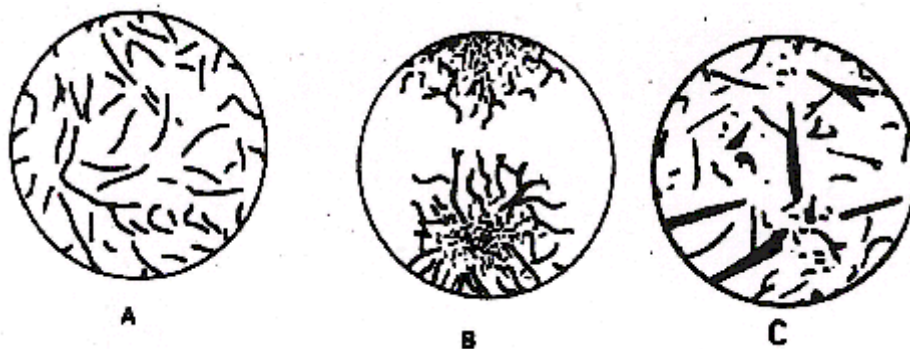


Obr.č.6 Polotovar příruby

3.2. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY LITIN

Litiny jsou nejčastěji používaným materiálem na výrobu odlitků. Tato skutečnost je dána jejich výbornými slévárenskými vlastnostmi. Výroba litin je výhodná z cenového hlediska a to i přesto, že má některé nepříznivé mechanické vlastnosti. Vlastnosti litin jsou určeny jejich strukturou. Struktura litin se vytváří již během krystalizace při tuhnutí, dále se mění také vlivem překrystalizace v průběhu ochlazování. Zásadní vliv na krystalizaci má také rychlost ochlazování a chemické složení taveniny. Litiny obsahují i různé přísadové prvky, jedním z nejdůležitějších je křemík. Křemík zabraňuje rozpouštění uhlíku a tím posouvá eutektický a eutektoidní bod v diagramu Fe-C doleva. Dalšími neméně důležitými prvky, které obsahují litiny jsou mangan, fosfor a síra. Mangan především zvyšuje tekutost litiny a homogenitu odlitku. Síra zvyšuje u litin tvrdost a křehkost. Dále zmenšuje homogenitu a zvětšuje smrštění odlitku. V litině odpovídající jakosti je přípustné maximálně 0,1% síry, u některých speciálních litin pouze 0,04%. Fosfor zaručuje lepší zabíravost šedé litiny, zvyšuje interval tuhnutí. Na litiny, které se používají na tenkostěnné odlitky se obsah fosforu zvyšuje až na 2%. Fosfor dále ještě zvyšuje odolnost vůči opotřebení. Jeho přítomnost v litině zhoršuje odolnost proti dynamickému namáhání.

Nejenom chemické složení ovlivňuje strukturu litiny, ale výrazný podíl mají také technologické podmínky výroby odlitku. Jedná se hlavně o teplotu a dobu přehřátí litiny, teplotu litiny a také výrazným faktorem je způsob ochlazování odlitku. Vyšší teplota přehřátí u litiny způsobuje zmenšení počtu krystalizačních zárodků. Krystalizace probíhá s vyšším podchlazením. Vyšší rychlost ochlazování působí také na množství vázaného uhlíku. Pomalé ochlazování podporuje vznik uhlíku ve formě grafitu tzv. grafitizaci. Podle struktury grafitických litin se litiny dále dělí na šedou, tvárnou a temperovanou. Rozložení grafitu v litině zachycuje obr.č. 7.



A – rovnoměrné rozložení B – růžicovité C – smíšené

Obr.č.7 Rozložení grafitu

3.3. ŠEDÁ LITINA

Šedá litina je nejpoužívanějším druhem litiny. Vyznačuje se výbornými technologickými a zejména slévárenskými vlastnostmi. Nejčastěji se používá šedá litina s chemickým složením, které je uvedeno v tabulce č. 1.

Tabulka č.1

	UHLÍK [C]	KŘEMÍK [SI]	MANGAN [MN]	FOSFOR [P]	SÍRA [S]
Obsah v %	2.8 – 3.6	1.4 – 2.8	0.5 – 1	0.2 – 0.6	Max 0.15

Šedá litina se vyznačuje tím, že je velmi křehká a nemá téměř žádnou tažnost. Pevnost v tahu je přibližně 3x až 4x nižší než v tlaku. Modul pružnosti v tahu se pohybuje někde v rozmezí 60 000 až 160 000 Mpa a je ovlivněn obsahem grafitu v litině. U čistě pelitických slitin je maximální tvrdost 220 HB. Tvrdost závisí na obsahu feritu, čím je jeho obsah vyšší, tím je tvrdost menší. Při porovnání s ocelí má litina lepší schopnost útlumu. Vlivem lupínkového grafitu je u litiny velice snižena citlivost vůči vrubům. Použití je proto výhodné tam, kde je zvýšené dynamické namáhání. V tabulce č. 2 jsou uvedeny nejčastěji používané litiny a jejich stručný popis.

Tabulka č.2. Značení a popis nejpoužívanějších šedých litin

OZNAČENÍ (ČÍSLO NORMY)	MECHANICKÉ VLASTNOSTI			VLASTNOSTI A POKYNY PRO POUŽITÍ
	Min.pevnost[MPa]		Tvrдост HB	
	v tahu	v ohybu		
42 2410	10	24	140 až 180	Tenkostěnné odlitky (4 až 15 mm), odlitky pro smaltování, trouby apod.; velmi dobrá obrobiteľnosť.
42 2415	15	32	150 až 200	Tloušťka stěn 5 až 30 mm. Součásti hospodářských strojů, části motorů, víka, řemenice apod.; velmi dobrá obrobiteľnosť
42 2420	20	38	160 až 220	Tloušťka stěn 8 až 40 mm. Strojní odlitky, součásti motorů, válce motorů a kompresorů, dobrá obrobiteľnosť
42 2425	25	43	180 až 240	Tloušťka stěn 15 až 50 mm. Válce motorů, ventily na vysoký tlak, ozubená kola, značně namáhané strojní součásti. Ztížená obrobiteľnosť.
42 2430	30	50	190 až 250	Tloušťka stěn 25 až 70 mm. Značně namáhané odlitky, speciální odlitky, litina velmi dobré jakosti. Obtížná obrobiteľnosť.
42 2435	35	56	200 až 270	Tloušťka stěn 40 až 100 mm. Těžké vysoce namáhané odlitky, stojany velmi těžkých obráběcích strojů, tělesa čerpadel. Ztížená obrobiteľnosť.

3.4. MATERIÁLY URČENÉ NA OBRÁBĚNÍ ŠEDÉ LITINY

Šedá litina se jako konstrukční materiál z hlediska obrábění vyznačuje poměrně dobrou obrobiteľností, tvorbou krátké třísky a při hrubovacích operacích poměrně obtížným přerušovaným řezem. Ten je způsoben relativně nekvalitním povrchem odlitku a toto platí jak při odlévání do kokil, tak do pískových forem. Všeobecně je možno říci, že na obrábění šedé litiny můžeme použít kteroukoli ze skupin nástrojových materiálů. Použití rychlořezné oceli se ale jeví značně neekonomické, protože ostatní řezné materiály jsou schopny dosáhnout stejných výsledků jako tato ocel, ale za kratší obráběcí čas.

Obrábění šedé litiny pomocí slinutých karbidů je poměrně časté a bezproblémové. Z ISO značení slinutých karbidů plyne, že dokonce celá jedná skupina materiálů s označením K je určena přímo k obrábění litin, kam samozřejmě patří i šedá litina. Řezná rychlost při použití nástrojů ze slinutých karbidů může být až $350 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Nástroje ze slinutých karbidů je možné použít jak na hrubování, tak i na dokončovací operace i když v dnešní době existují jiné materiály schopné provést dokončovací operaci při vyšších řezných parametrech. Výhodou slinutých karbidů oproti jiným materiálům je možnost obrábění na čisto i u tvarově složitých součásti.

Velice často preferovaným a také používaným materiálem na obrábění litin jsou destičky z řezné keramiky. Řezná keramika je velice vhodná především na dokončovací operace, ale v dnešní době jsou již na trhu takové materiály, které jsou schopné zvládnout i středně těžké přerušované řezy litiny. Při použití keramiky můžeme dosahovat řezných rychlostí až kolem $500 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Velikou výhodou řezné keramiky při dokončovacích operacích je možnost dosáhnout velice dobré drsnosti povrchu. Stále ve větším počtu se také objevuje snaha o obrábění bez použití chladicí kapaliny a právě pro použití řezné keramiky při obrábění litin je velice časté toto obrábění bez chlazení. Toto je možné kvůli velice dobré tepelné stabilitě řezné keramiky za vysokých teplot. S tímto použitím se ale objevuje jedna z nevýhod řezné keramiky. Při obrábění vznikají poměrně velké řezné síly, které mohou v některých případech deformovat obrobek. Řezná keramika také není příliš vhodná pro obrábění tvarově složitých součástí. To je dáno velikou tvrdostí, ale zároveň křehkostí keramiky, která značně stěžuje výrobu tvarově náročných destiček, především co se týče poloměru zaoblení špičky, ale i jiných částí, kde hrozí ulomení špičky apod.

Podobně jako řezná keramika by se dali vzhledem k obrábění šedé litiny charakterizovat také cermety.

Pro obrábění litin jsou také velice výhodné supertvrdé materiály, především pak kubický nitrid boru. Tyto materiály nejsou příliš vhodné na hrubovací operace, ale pro dokončovací úkony jsou velice výhodné hlavně kvůli možnosti velice vysokých řezných rychlostí (až $1000 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$). Použití těchto materiálů není vhodné pro tvarově složité části. Ideální je použití například na obrábění válců motorů, nebo všude tam, kde jsou velké plochy. Supertvrdé materiály mají jednu nevýhodu společnou s řeznou keramikou i cermety. Tyto materiály jsou uzpůsobeny pro použití za vysokých řezných rychlostí. Při použití pro obrábění součástí malého průměru by museli být velice vysoké otáčky obrobku. Z toho důvodu nelze řeznou keramiku ani supertvrdé materiály používat na obrábění součástí malých průměrů. [3]

4.CHARAKTERISTIKA STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ

4.1. STROJE PRO OPRACOVÁNÍ LOŽISKOVÝCH ŠTÍTŮ

V obrobě štítů je v současné době zastoupeno celkem 14 obráběcích CNC center používaných k obrábění ložiskových štítů. Je zde i několik starších strojů používaných pro opracování štítů malých osových výšek. Tyto stroje budou postupně nahrazovány novějšími, jakmile budou do výroby zařazeny motory nové řady. Všechny stroje mají ve své výbavě revolverové nástrojové hlavy pro upnutí 10-12 nástrojů.

Na obrobě je zastoupeno několik druhů strojů a jsou to tyto:

- 4 stroje GILDEMEISTER CTV 250 – štíty osových výšek 100-112 mm
- 2 stroje INDEX 250 – příruby pro motory malé řady 80 – 90 mm
- 2 stroje Hardinge Conquest T51 – atypické a zákaznické motory – nutnost ručního vkládání obrobků
- 2 stroje SPU – 20 - atypické a zákaznické motory – nutnost ručního vkládání obrobků
- 2 stroje EMAG VL 5 – štíty s osovou výškou 160 mm
- 2 stroje INDEX 300 – štíty pro motory s osovou výškou 132 – 160 mm
- 2 stroje EMAG VSC 7 - pouze pro příruby motorů s výškou 132 - 160 mm
- 1 stroj VOC 600 – štíty všech velikostí – pouze vrtání a závitování

4.2. OBRÁBĚCÍ CENTRUM EMAG VSC 7

Na tomto obráběcím centru se ve firmě Siemens obrábí příruby největší velikosti motoru AH 160. Jsou zde prováděny všechny zkoušky a měření uvedena v této práci.

Ve firmě jsou umístěna dvě centra EMAG VSC 7, která byla zakoupena v roce 2008. Centra byla zakoupena jako nová přímo od výrobce firmy Emag Gmgh Salach. Toto centrum bylo pořízeno kompletně i s automatickou měřicí stanicí, dopravníkem polohovacích patek, nakládací stanicí Pick-Up, řídicího systému Siemens Sinumerik 840D sl.

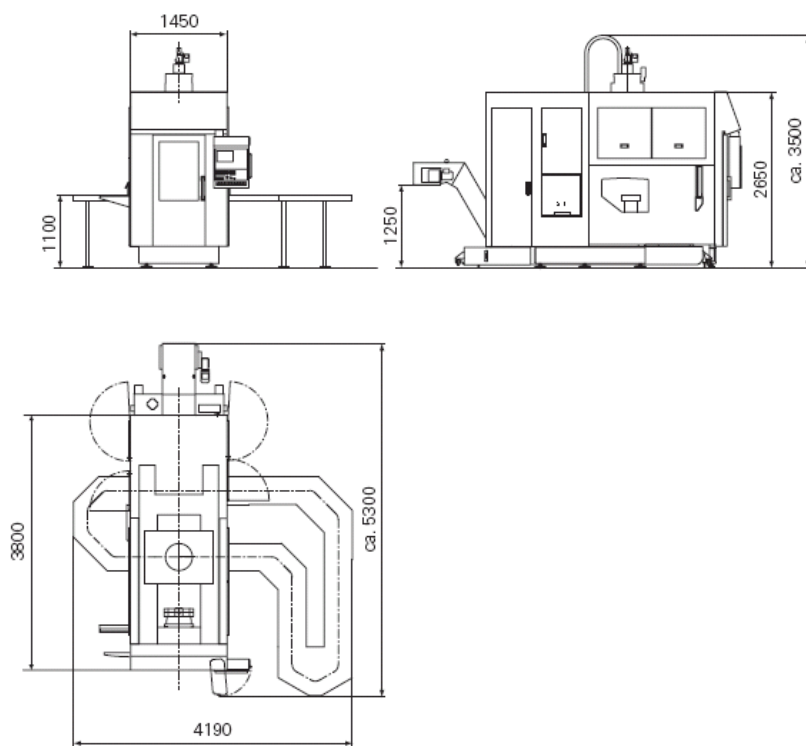


Obr.č.8 EMAG VSC 7

Základní parametry stroje:

- Max. průměr obrobku – 360 mm
- Výkon motoru hl. vřetene – 49 kW
- Max. otáčky hl. vřetene – 3400 min⁻¹

- Zdvih v osách X/Z – 850/315 mm
- Rychloposuv v ose X/Z – 45/30 m/min
- Počet nástrojů v revolveru – 12
- Průměr stopky – 50 mm (VDI 50)
- Všechny nástroje mají možnost být poháněny
- Těleso stroje – polymerický beton (mineralit)
- Nesení vřetene – portálové saně
- Řídicí systém – Siemens Sinumerik 840D sl



Obr.č.9 Rozměrové údaje v mm

EMAG VSC 7 je vertikální obráběcí centrum, který má osvědčenou konstrukci řady VSC. Disponuje strojním ložem z polymerického betonu mineralit, který se vyznačuje vynikajícími tlumícími vlastnostmi. To zajišťuje dlouhou životnost nástrojů a vysokou jakost povrchu. Na kostře se nachází portálové saně, které nesou vertikální hlavní vřeteno. Tím vzniká symetrický tok sil a vysoká tuhost. Vřetenový motor, hlavní vřeteno s pinolou, revolverová hlava, skříň rozvaděče a kostra jsou chlazeny kapalinou. Dvoukruhový chladicí agregát vede teplotu stroje v úzkých tolerančních hranicích. Tím jsou eliminovány nepřesnosti z důvodů teplotních výkyvů. K tuhému frézování a vrtání bez vibrací přispívá i hydrostaticky vedení pinoli v ose Z, průměr předního ložiska hlavního vřetene 160 mm a stabilní upínání nástrojů v revolveru. [5]



Obr.č.10 Vřeteno pick-up



Obr.č.11 Dotyková měřicí stanice

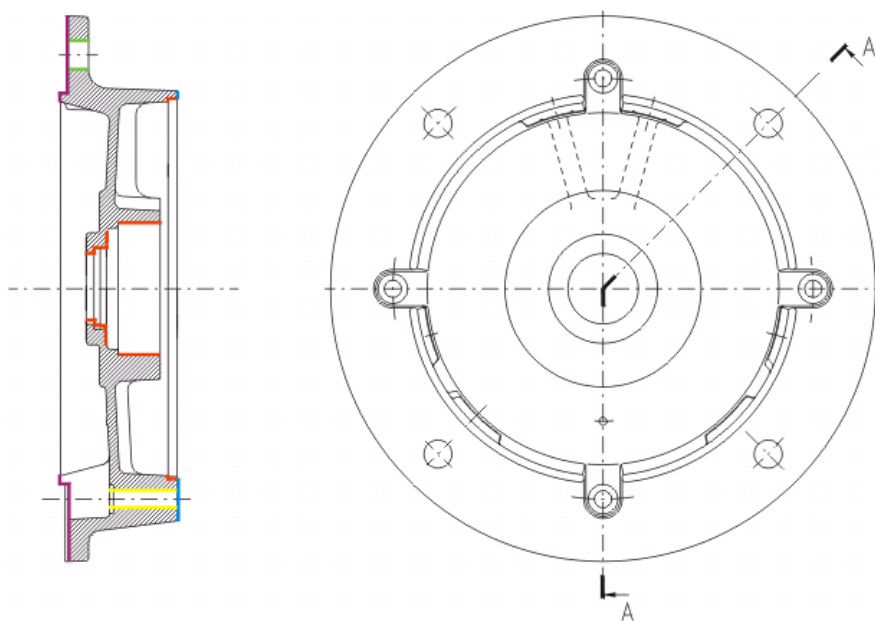
Sestava stroje je téměř kompletně automatizována. Obsluha pouze manipuluje a ukládá odlitek štítu na pojízdné polohovací paletky. Ty jsou unášeny dopravníkem Schaithmann do nakládací stanice Pick-Up. Odlitky při jízdě na dopravníku prochází několika pneumatickými zarážkami a světelnými snímači. V nakládací stanici si polotovar přímo odeberá vřeteník s upínačem. Upínač se vždy natáčí do předem určené polohy tak, aby se dílec vždy upnul ve stejné poloze. Identické upnutí je důležité pro přesné

opracování a vrtání všech otvorů. Dále se vřeteník s upnutým polotovarem posouvá v ose X do samotného pracovního prostoru. Zde probíhá samotné opracování obrobku. Po opracování se dílec opět ukládá na paletky. Při pohybu na dopravníku projede dílec znovu několika snímači a narážkami až se dostane pod manipulátor měřicí stanice. Zde se provádí nezbytné měření důležitých rozměrů. Naměřené hodnoty se následovně ukládají do paměti počítače. Při průběhu měření se hrubuje následující díl. Před soustružením na hotovo se provedou automatické korekce nástrojů. Emag VSC 7 disponuje i několika bezpečnostními prvky. Mezi nejdůležitější patří systém ARTIS, který okamžitě zastavuje stroj při překročení řezného odporu nad stanovenou hodnotu. Toto překročení může nastat hned z několika důvodů, příliš velká tvrdost odlitku, ulomení špičky nástroje, najetí příliš rychle do materiálu. [5]

5. NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ SOUČÁSTI

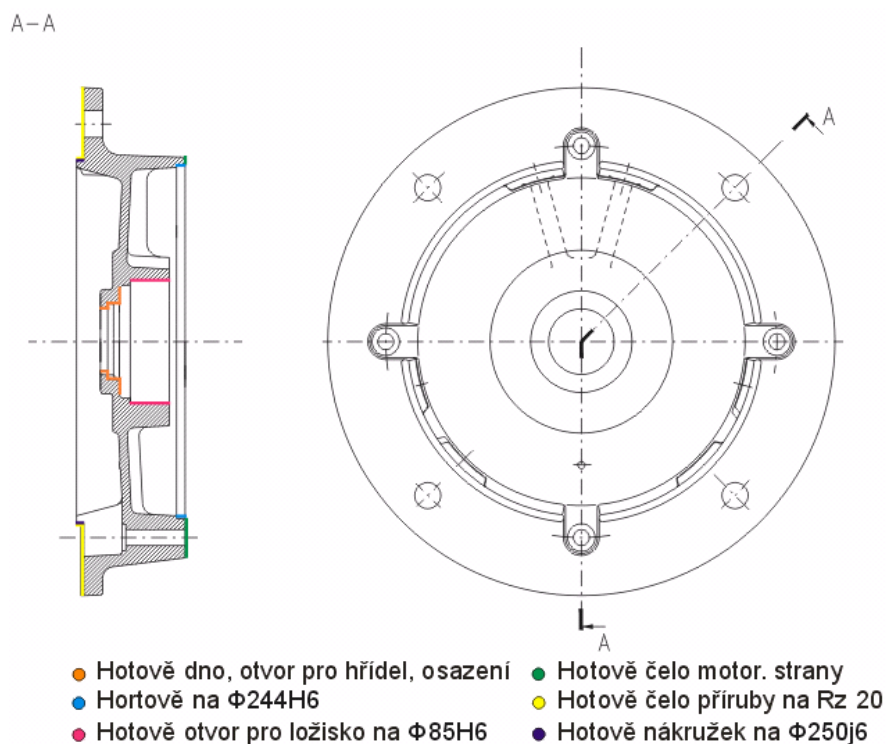
5.1. SOUČASNÉ OBRÁBĚNÍ ŠTÍTŮ

U přírub je nutno obrábět obě funkční strany. Pokud to dovolí technické řešení jsou všechny operace prováděny na jedno upnutí obrobku. Tímto se celý proces obrábění značně urychlí a sníží se neproduktivní časy na upínání. Tím se i snižuje množství zmetkových výrobků způsobených při neustálém přepínání výrobku u následných operací. Jak vyplývá z obr. č.12 je obrobek nejdříve oboustraně ohrubován. Při hrubování dochází k uvolňování napětí v odlitku. Zpravidla dochází po hrubování k vrtání mimostředných otvorů. Soustružení hotově se provádí až po případných korekcích nástroje, které byly odvozeny od naměřených hodnot z předešlých obrobků. Funkční plochy se následně obrábí na zadané rozměry. Tato operace je rozdělena mezi několik nástrojů, které jsou k tomu nejvhodnější.



- 1. Hrubování čel (přídavek 0,3 mm)
- 2. Hrubování motorové strany a guferu (přídavek 0,5 mm)
- 3. Hrubování příruby (přídavek 0,3 mm)
- 4. Vrtání 4xΦ 11 mm
- 5. Vrtání 4x Φ 18,5 mm

Obr. č.12 Hrubování odlitku



Obr. č.13 Obrábění hotově

Ve firmě Siemens se pro hrubovací operace na štítech ze šedé litiny používají nejčastěji vyměnitelné břitové destičky od firem Walter nebo Kennametal. Při hrubování čela motorové strany (operace č. 1) se jako nejvhodnější jeví jak z technického tak i ekonomického hlediska destička SNMG120412 MN5 WAK20. Tato destička disponuje osmi řeznými hranami a ustavením na úhel řezu 45° . Jako další operací je hrubování všech průměrů na motorové straně štítu s použitím destičky WNMG080412-RN KC9110 a nožového držáku A 32 R MWLNR 08. Následující operací je hrubování zákaznické strany štítu. Zde se používá stejná destička jako u předchozí operace, rozdíl je pouze v použití různých nožových držáků. [4]



Obr. č.14 VBD používané pro hrubování



Obr. č.15 Způsoby upnutí VBD pro hrubování

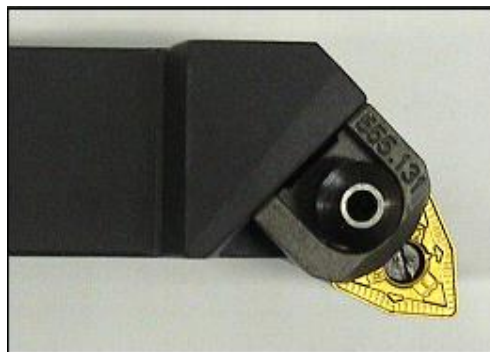
Z důvodů větší stability a přesnosti rozměrů je soustružení hotově těchto rozměrů rozděleno mezi několik nástrojů. Při obrábění průměrů na motorové straně se využívají tři nástroje. Největší důraz je kladen na přesnost rozměru a plochy u náboje pro uložení ložiska. Tento průměr je obráběn na toleranci IT 6 a je důležitý pro uložení celého rotoru elektromotoru. Tolerance házivosti a vyosení zajišťuje přesnou vzduchovou mezeru mezi rotorem a statorem. V současnosti se tato plocha hotově obrábí u průměrů 80-100 mm keramickou destičkou CNMA 120404 KY1615. Tato keramická destička má rádius špičky R0,4. Používá se zejména z důvodu, že obrobená plocha dodržuje předepsané válcovitosti, drsnosti a nosného podílu. Negativní úhel čela zatahuje mikropóry v litině, dobře a stabilně drží rozměr v požadovaných tolerancích. U nábojů s menšími průměry (32 - 72 mm) je největší problém dosažení dostatečné řezné rychlosti pro keramické nástroje, proto se zde používají destičky ze SK s vysoce pozitivním utvařečem.

Osazení pro přesné vystředění štítu na statorový svazek motoru se soustruží stejným nástrojem jako ložiskový náboj. Toto se děje z důvodu, aby se mohla použít vyměnitelná břitová destička z této operace. Ta se mění nebo otáčí kvůli toleranci drsnosti Rz 8 a nosného podílu Rmi. Tak se neděje z důvodu nedodržování rozměrové tolerance. Destička je ještě využívána na soustružení osazení pro kostru, kde jsou požadavky na drsnosti nižší. Opracování pro osazení těsnícího kroužku, průchozího otvoru pro hřídel a dna náboje pro ložisko je zhotovováno kvůli nutnosti zápichu na dně náboje destičkou DNMG 110408-NM WAK10. utvářec NM má rádius Wiper, který umožňuje větší posuvy.

K soustružení čela motorové strany hotově jsou využívány destičky SNGN120408 NM WAK30 s utvářeči třísky Wiper. Vyměnitelné břitové destičky jsou ustaveny na úhel řezu 75° . Tohoto nastavení se využívá k lepšímu využití vlastností utvářeče Wiper. Rovněž i při soustružení hotově čela příruby se využívá tohoto dvojitého radiusu u destiček WNMG080408 NM WAK10. Radius špičky 0,8 mm zajišťuje velmi malý řezný odpor, který je nutný k dodržení tolerance házivosti na této ploše. S povlakovanými destičkami lze dosahovat velkých řezných rychlostí i posunů a to i s ohledem na požadovanou drsnost ploch Rz20.



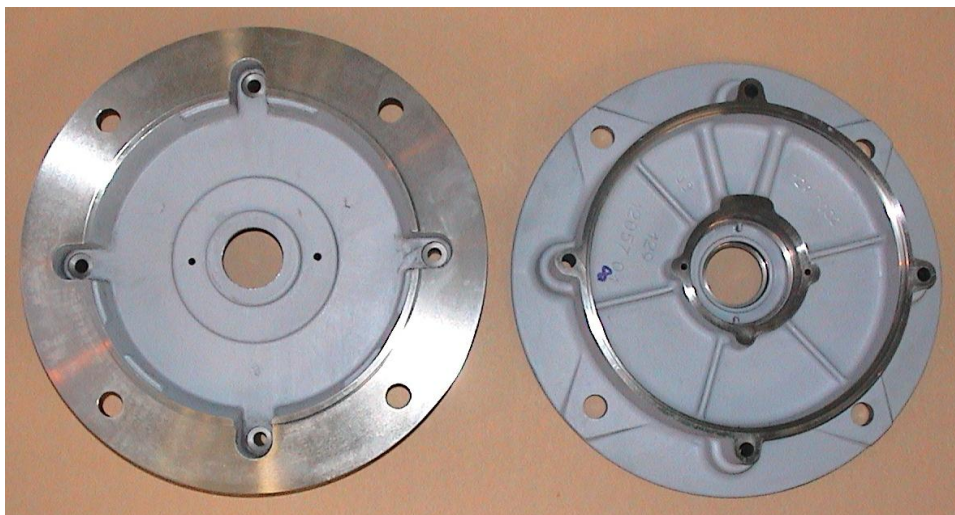
Obr. č.16 VBD používané pro dokončovací operace



Obr. č.17 Způsoby upnutí VBD pro dokončovací operace

Soustružení průměru osazení příruby s předepsanou tolerancí IT6 je jeden z několika důležitých rozměrů celého štítu. Na tuto operaci se nejvíce osvědčila destička DNMG110404 FW KC9110 na špičce s krystalem kubického nitridu boru (KBN). Úhel natavení destičky je 93°. KBN se dle parametrů přímo k obrábění šedé litiny 42 2415 nehodí, zde se výborně osvědčil svou vysokou trvanlivostí a dlouhou přesností obráběných povrchů.

K vrtání mimostředných otvorů o průměru 11 mm se používají dvou i tří bříte monolitní karbidové vrtáky firem Kennametal a Rübik. Pro otvory 18,5 mm se využívají vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami od firem Kennametal a Pramet.



Obr. č.15 Obrobený štít

5.2. Návrh efektivnějšího postupu obrábění

Při návrhu nového postupu obrábění jsem se musel dodržet podmínek, které byly stanoveny firmou Siemens.

Podmínky pro zpracování nového postupu:

- Zachování původního nástrojového vybavení
- Návrh postupu se bude týkat motorových přírub AH 160
- Všechny zkoušky se budou provádět na stroji Emag VSC 7

Při dodržení těchto podmínek se zdálo jako nejrozumnější jít cestou změny řezných podmínek u jednotlivých operací. Hlavním úkolem bylo stanovit rozumnou hranici mezi zrychlením všech operací a trvanlivostí vyměnitelných břitových destiček a tím snížit celkové náklady na jeden dílec. Z literatury ovšem vyplývá, že zvýšením životnosti nástroje o 50% se sníží celkové náklady jen o 1%, avšak zvýšení posuvu nebo řezné rychlosti o 20% může snížit celkové náklady na jeden výrobek o 15% a za hodinu vyrobí více výrobku. Vzhledem k tomuto předpokladu jsem se pokusil stanovit teoretické hodnoty řezné rychlosti a posuvů. [6]

Tabulka č.3 – Rychlosti a posuvy používané dříve pro hrubování

OPERACE	NÁZEV	m/min	mm/ot
hrubování	přírubová strany	280	0,35
	čelo motorové strany	280	0,35
	průměry motorové strany	280	0,35

Tabulka č.4 – Rychlosti a posuvy používané dříve pro operace hotově

OPERACE	NÁZEV	m/min	mm/ot
hotově	přírubová strany	360	0,4
	ložiskový průměr	480	0,06
	čelo motorové strany	360	0,4

Tabulka č.5 – Rychlosti a posuvy stanoveny teoreticky pro hrubování

OPERACE	NÁZEV	m/min	mm/ot
hrubování	přírubová strany	340	0,45
	čelo motorové strany	350	0,45
	průměry motorové strany	320	0,4

Tabulka č.6 – Rychlosti a posuvy stanoveny teoreticky pro dokončovací operace

OPERACE	NÁZEV	m/min	mm/ot
hotově	přírubová strany	430	0,4
	ložiskový průměr	570	0,06
	čelo motorové strany	430	0,45

6. ZKOUŠKY NÁSTROJŮ PŘI NOVÝCH ŘEZNÝCH PODMÍNKÁCH

Jak bylo již zmíněno v předchozí části zkoušky, byly prováděny se stávajícími VBD, ale za nových řezných podmínek. Dále co bylo zachováno z předchozího postupu je hloubka řezu $a_p=1,5-2\text{mm}$ při hrubování a přídavek pro soustružení hotově $0,3\text{mm}$. Všechny operace jsou prováděny pod kapalinou. Obsluha CNC strojů obráběcí ložiskové štíty je povinná zaznamenat každou výměnu řezné hrany a nástroje do speciálního formuláře. Sem zapíše řezné podmínky, č.v. dílce, počet obrobených dobrých a zmetkových kusů. Zde je možné zpětné dohledání dodržení postupu. Tyto záznamy je možno poté porovnat také s údaji, které zaznamená automatická měřicí stanice, která zaznamená výsledky měření s přesným časem. Protože se obrábí odlitky ze šedé litiny 42 2415, která nemá vždy stejné chemické složení, tvrdost odlitku také není všude stejná, velikost zbytků po vtokové soustavě a přídavky na opracování se také mění, jak v kladném tak i v záporném smyslu. Celý proces obrábění se musí za určitých řezných podmínek sledovat delší časovou dobu tak, aby se tyto odlišnosti odlitku dali eliminovat.

6.1. SOUSTRUŽENÍ ŠTÍTU Z PŘÍRUBOVÉ STRANY

A) Hrubování

Zde byli původní řezné podmínky při hrubování nastaveny na řeznou rychlost 280 m/min a posuv na otáčku byl $0,35\text{mm}$. Teoreticky byly určeny hodnoty na 340 m/min a $0,45\text{ mm/ot}$. Při zkouškách u těchto hodnot byly dosaženy velmi dobré výsledky u trvanlivosti nástroje, která se pohybovala okolo poloviny směné produkce, což je 50 kusů. Při dalším zvyšování hodnoty řezné rychlosti bylo dosaženo trvanlivosti nástroje přibližně 60, což z praktického hlediska je velice nevhodné. Čas po který byl nástroj v řezu se zkrátil z $0,48\text{min}$ na $0,31\text{ min}$.

B) Hotově

Při obrábění hotově byly počáteční hodnoty rychlosti a posuvu 360 m/min a $0,4\text{ mm/ot}$ a chtěli jsme dosáhnout $v_c= 430\text{ m/min}$, $s_{ot} = 0,45\text{ mm/ot}$. Tohoto se nám bohužel nepodařilo docílit. Již při hodnotách přesahujících rychlosti 410 m/min docházelo

k nedodržení tolerance házivosti přírubové plochy k základnám A,B, ta činí 0,06mm. Dalším negativem byla enormní hlučnost a znatelné stopy po chvění nástroje na přerušeném řezu za otvory v přírubě. Dalším parametrem na této ploše je max. drsnost R_z 20. Ta byla bez větších problémů dodržena. Doba mezi výměnami destiček byla 50 kusů

U této zkoušky se nám sice nepodařilo dosáhnout předem stanovené hodnoty rychlosti, ale rychlost 410m/min nám snížila celkovou dobu nástroje v řezu z původních 0,34min na nových 0,29min. Celková trvanlivost destiček činí v průměru 100 kusů. Tato trvanlivost je sice menší jako při obrábění za starých podmínek, ale z hlediska praktického nám úplně vyhovuje.

6.2. HRUBOVÁNÍ ČELA MOTOROVÉ STRANY

Při zkouškách bylo dále pokračováno při obrábění motorové strany štítu. Zde se jedná o hrubování čela motorové strany štítu, kde je přerušovaný řez. V nástroji byla usazena VBD SNMG120412 MN5 WAK20. Zde jsme se snažili dosáhnout $v_C = 350\text{m/min}$, $s_{ot} = 0,45\text{ mm/ot}$ z původních $v_C = 300\text{ m/min}$, $s_{ot} = 0,35\text{ mm/ot}$. U této operace se již v minulosti velmi dobře osvědčilo soustružení bez chladicí kapaliny. Tato skutečnost se potvrdila i u našich zkoušek. Řezná rychlost se nám podařila zvýšit na hodnotu kterou jsme si stanovili, ale posuv jsme již nechali stejný. Trvanlivost VBD se snížila ze 125 kusů na 95 kusů. Podařilo se dosáhnout úspory času 0,06 min/kus.

6.3. HRUBOVÁNÍ PRŮMĚRŮ MOTOROVÉ STRANY

Řezná rychlost byla původně stanovena na 280m/min a posuv na $s_{ot} = 0,35\text{mm/ot}$. Novou hodnotu řezné rychlosti se nám podařilo zvýšit ještě o 20m/min oproti původně předpokládaných 320m/min na 340m/min a $s_{ot} = 0,4\text{ mm/ot}$. To vedlo ke zrychlení o 0,35 min/kus. Zvýšení posuvu na otáčku se ukázalo jako velice nevhodné z hlediska dodržení velice přísných tolerancí válcovitosti a drsnosti na ložiskový průměr 85H6 a středící průměr 244H6. Trvanlivost nástroje se snížila ze 120 kusů na 90 kusů.

6.4. HOTOVĚ LOŽISKOVÝ PRŮMĚR

Soustružení ložiskového průměru 85H6. Jedná se o plynulý řez v plném materiálu s velikostí třísky $a_p = 0,15\text{mm}$ a posuvem $0,06\text{mm/ot}$. Zde je velice omezující drsnost $R_z 8$ a nosný podíl $R_{mr} > 55\%$ u ložiskového náboje. Úprava řezných podmínek byla jen velice obtížná, z důvodu maximálních dovolených otáček, které činí 1700 ot/min . Vzhledem k tomuto omezení se podařilo zvýšit řeznou rychlost z 480 m/min na 500m/min . Zvýšení posuvu znamenalo nepřipustné zvýšení drsnosti a snížení nosného podílu. Trvanlivost nástroje se zvýšila z 60 kusů na 93 kusů. Zrychlení této operace potom činilo $0,015\text{ min}$.

6.5. HOTOVĚ ČELO MOTOROVÉ STRANY

Soustružení motorové strany hotově se provádí pod kapalinou. Zde se nepodařilo téměř vůbec zvýšit hodnoty rychlosti ani posuvu. Již při malém zvýšení hodnot docházelo k nedodržení rovinnosti čela motorové strany, které je základnou B pro toleranci házivosti čela příruby. Druhým parametrem je dovolená drsnost $R_z 25$. S dodržением tohoto parametru nabyl problém vzhledem k malé změně řezných podmínek. U této zkoušky se nepodařilo zvýšit řeznou rychlost ani posuv. Trvanlivost nástroje a doba nástroje v řezu se tedy také nezměnila.

Tabulka č.7 – Rychlosti a posuvy dosažené při praktických zkouškách

OPERACE	DOSAŽENÉ HODNOTY PŘI ZKOUŠKÁCH		
	řezná rychlost [m/min]	posuv na otáčku [mm/ot]	trvanlivost destičky [ks]
6.1. hrubování	340	0,45	50
6.1. hotově	410	0,45	50
6.2.	340	0,45	95
6.3.	340	0,4	90
6.4.	500	0,06	93
6.5.	360	0,45	104

7. EKONOMICKÉ ZHODNCENÍ

Legenda dále používaných znaků:

A – minutová sazba stroje

B – čas zrychlení operace

C – cena VBD pro danou operaci

D – počet hran VBD pro danou operaci

E – počet kusů obrobených jednou VBD

7.1. VÝPOČET NÁKLADŮ STANOVENÝCH Z 6.1.

Operace hrubování motorové strany

Tabulka č.8

Náklady na spotřebu VBD na 1 kus	C : D : E 162 : 6 : 52 = 0,519	1
Ušetřené náklady při zrychlení operace	A x B 14,16 x 0,17 = 2,407	2
Celkově ušetřené náklady	2 - 1 2,407 - 0,519 = 1,888 Kč	

Operace hotově motorové strany

Tabulka č.9

Náklady na spotřebu VBD na 1 kus	C : D : E 202 : 6 : 54 = 0,623	1
Ušetřené náklady při zrychlení operace	A x B 14,16 x 0,05 = 0,708	2
Celkově ušetřené náklady	2 - 1 0,708 - 0,623 = 0,085 Kč	

7.2. VÝPOČET NÁKLADŮ STANOVENÝCH Z 6.2.

Tabulka č.10

Náklady na spotřebu VBD na 1 kus	C : D : E 156 : 8 : 95 = 0,156	1
Ušetřené náklady při zrychlení operace	A x B 14,16 x 0,06 = 0,850	2
Celkově ušetřené náklady	2 - 1 0,85 - 0,156 = 0,694 Kč	

7.3. VÝPOČET NÁKLADŮ STANOVENÝCH Z 6.3.

Tabulka č.11

Náklady na spotřebu VBD na 1 kus	C : D : E 162 : 6 : 90 = 0,225	1
Ušetřené náklady při zrychlení operace	A x B 14,16 x 0,035 = 0,496	2
Celkově ušetřené náklady	2 - 1 0,496 - 0,225 = 0,271 Kč	

7.4. VÝPOČET NÁKLADŮ STANOVENÝCH Z 6.4.

Tabulka č.12

Náklady na spotřebu VBD na 1 kus	C : D : E 192 : 4 : 93 = 0,516	1
Ušetřené náklady při zrychlení operace	A x B 14,16 x 0,045 = 0,637	2
Celkově ušetřené náklady	2 - 1 0,637 - 0,516 = 0,121 Kč	

7.5. VÝPOČET NÁKLADŮ STANOVENÝCH Z 6.5.

Zde se nepodařilo zvýšit řeznou rychlost ani posuv na otáčku, proto je u tohoto bodu počítat ekonomickou výhodnost zbytečné.

7.6. CELKOVĚ UŠETŘENÉ NÁKLADY

Tabulka č.13

celkově ušetřené náklady	7.1.	+	7.2.	+	7.3.	+	7.4.	+	7.5.		
	1,973		0,694		0,271		0,121		0	=	3,059 Kč

Tabulka č.14

roční úspora	roční produkce	x	úspora na jeden kus		
	38 000		3,059	=	116 242 Kč

Celková úspora na výrobu jednoho dílce činí 3,059 Kč. Při roční produkci 38 000 kusů štitů je úspora 116 242 Kč.

8. ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá optimalizací obrábění štítu elektromotoru, snížením celkového času na obrobění jednoho dílce, a tedy celkového snížení nákladů na výrobu.

V úvodní části je zmínka o historii firmy, o problematice obrábění elektromotorových štítů, a o strojním a nástrojovém vybavení, které se k tomuto účelu ve firmě Siemens používá.

Vlastní práce se zabývá nastavením řezných podmínek tak, aby se čas opracování dílce snížil, ale zároveň aby byly zachovány předepsané tolerance všech rozměrů. Zkoušky se prováděly na obráběcím centru Emag VSC 7, které bylo vytypováno jako vhodné pro tyto zkoušky. Nástroje, které jsme používali byly ponechány z předchozího postupu z důvodu dobrých zkušeností. Při provádění zkoušek se nepodařilo dosáhnout všech teoretických hodnot, které jsem určil.

Celková úspora na operaci soustružení štítu osově výšky AH 160 na stroji Emag VSC 7 činí 116 242 Kč za rok. Dílčím přínosem bylo také zvýšení trvanlivosti VBD u operace soustružení hotově ložiskového průměru.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Siemens AG. SIEMENS.CZ [online]. 2008 [cit. 2009-04-14]. Dostupný z WWW:
<http://www.siemens.cz/siemjet/cz/home/siemens-elektromotory/historie/Main/index.jet>
- [2] Siemens AG. SIEMENS.CZ [online]. 2008 [cit. 2009-03-18]. Dostupný z WWW:
<http://www.siemens.cz/siemjet/cz/home/siemens-elektromotory/produkty/Main/index.jet>
- [3] ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. [I]Top trendy v obrábání, II. část – Nástrojové materiály.[/I] Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80–968954–2–7.
- [4] Interní materiály Siemens Mohelnice, intranetové stránky.
https://intra1.mhc.siemens.cz/ad_sd_mm
- [5] EMAG Holding GmbH. EMEG.CZ [online]. 2008 [cit. 2009-04-2]. Dostupný z WWW:
<http://emag.com/Drehmaschinen.109.0.html>
- [6] Sandvik Coromant: Příručka obrábění.Kniha pro praktiky.
PRAHA: Sandvik CZ Praha, 1997, ISBN 91-972299-4-6

SEZNAM PŘÍLOH

ČÍSLO	NÁZEV	POČET STRAN
1	Výkres polotovaru odlitku	1
2	Výkres opracovaného štítu	1
3	NC program pro opracování zvoleného dílce	4